

## ESTIMATION DES PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES DE LA VITESSE DE CROISSANCE ET DU POIDS DES AGNEAUX AVANT LE SEVRAGE EN RACE *MÉRINOS D'ARLES*

B. BONAÏTI, J.-C. FLAMANT, M. PRUD'HON\*, F. BERNY\*\*  
et A. DESVIGNES\*\*\*

*Station de Génétique quantitative et appliquée,  
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,  
78350 Jouy en Josas*

\* *École nationale supérieure agronomique, Montpellier*  
\*\* *Institut technique de l'Élevage ovin et caprin, Paris*  
\*\*\* *Mida-Test, 81110 Soual*

---

### RÉSUMÉ

Les coefficients d'héritabilité du poids à la naissance et des poids à différents âges jusqu'à 90 jours sont estimés par la corrélation entre demi-frères sur 4 354 agneaux de race *Mérinos d'Arles* issus de 83 béliers. On observe la valeur la plus faible à l'âge de 10 jours (0,17), l'héritabilité atteignant ensuite des valeurs comparables à celle du poids à la naissance (0,24). La valeur la plus élevée est obtenue pour la vitesse de croissance entre 30 et 90 jours, lorsque l'influence de la production laitière de la mère sur le développement de l'agneau est minimum.

L'estimation de la corrélation génétique permet d'observer que le poids à la naissance ne détermine que 18 p. 100 de la variabilité génétique du poids à 90 jours et donc qu'une sélection portant sur un critère unique de poids peut avoir des conséquences sur la forme de la courbe de croissance.

---

### INTRODUCTION

Par rapport aux autres espèces domestiques, les ovins se caractérisent par la production d'une viande jeune, les agneaux étant en grande majorité commercialisés aux alentours du sevrage ou après une phase d'engraissement post-sevrage relativement courte. Ceci est particulièrement le cas en France où les 2/3 des abattages d'agneaux concernent des animaux âgés de 3 à 5 mois (agneaux dits « de 100 jours »). Bien que de mesure facile, au niveau d'un troupeau ou d'une station de testage, le poids au sevrage ne peut pas toujours être pris en considération dans le cadre

d'une population pour le choix des reproducteurs avant leur commercialisation en boucherie. Il est alors nécessaire de choisir un critère de sélection plus précoce.

La présente étude concerne l'estimation des coefficients d'héritabilité des poids à différents âges de la naissance au sevrage, et des corrélations génétiques entre eux.

## I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée sur le fichier de données constitué par les contrôles de croissance et de paternités effectués sur le troupeau expérimental du *Domaine du Merle* de 1961 à 1966, soit au total 4 354 agneaux de race pure *Mérinos d'Arles* issus de 83 béliers. Le système de conduite du troupeau a déjà été décrit par PRUD'HON *et al.* (1966), mais quelques points particuliers peuvent être rappelés. Le troupeau de brebis séjourne sur les zones de parcours de la Crau entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 10 juin, puis transhume dans les Alpes pour y séjourner pendant les trois mois d'été. L'agnelage débute dès le retour de l'estive et se prolonge jusqu'à la fin du mois de novembre. Durant quelques semaines, les brebis et les agneaux utilisent les repousses des prairies naturelles irriguées puis des zones de parcours relativement pauvres. Les agneaux sont sevrés à l'âge de 4 mois mais, étant à l'extérieur dès leur naissance, ils peuvent progressivement commencer à brouter l'herbe dès l'âge de un mois. Le niveau d'alimentation des mères et la quantité réduite d'aliments complémentaires ne permettent que des gains moyens quotidiens relativement faibles : 210 g entre 10 et 30 jours, 180 g entre 30 et 90 jours.

Les agneaux sont pesés à la naissance puis à dates fixes, espacées de trois semaines, pour l'ensemble du troupeau, jusqu'à l'âge de trois mois au moins. Des poids à âges types (10, 30, 50, 70 et 90 jours) sont estimés par interpolation linéaire entre deux pesées successives selon la méthode développée par l'I.N.R.A. (*Institut National de la Recherche Agronomique*) et l'I.T.O.V.I.C. (*Institut Technique de l'Élevage Ovin et Caprin*). Les gains moyens quotidiens de 10 à 30 jours et de 30 à 70 jours sont déduits de ces poids.

L'analyse statistique concerne donc huit caractères différents : six poids de la naissance à 90 jours et deux vitesses de croissance. Chaque performance est exprimée en écart réduit centré à partir de la moyenne et de l'écart-type de la cellule « âge de la mère-sexe-mode de naissance » pour chaque année de naissance. Ces données corrigées sont ensuite analysées selon un modèle d'analyse de variance hiérarchique à trois facteurs qui sont l'année d'agnelage, le père et la mère.

Les héritabilités des caractères et les corrélations génétiques entre ceux-ci sont estimées classiquement à l'aide des composantes pères des variances et covariances. Les écarts-types des estimations d'héritabilités sont obtenus selon la formule donnée par ROBERTSON (1959, *a*) en supposant le schéma équilibré. Cette hypothèse est ici presque vérifiée pour le nombre de descendants par père. Il convient cependant de remarquer ici que certains béliers utilisés plusieurs années successives ont été considérés, dans la décomposition de la variance, comme des pères différents ; le nombre total de béliers utilisés durant les six années d'enregistrement (83) est donc inférieur à la somme des effectifs annuels de pères (140). Dans le calcul de l'écart-type, nous avons tenu compte de l'effectif réel de béliers (83). Les écarts-types des corrélations génétiques sont calculés à l'aide de la formule donnée par ROBERTSON (1959 *b*).

## II. — RÉSULTATS

Les estimations, que nous obtenons pour les coefficients d'héritabilité et de corrélations phénotypique et génétique entre caractères, sont présentées dans le tableau I.

## III. — DISCUSSION

### I. — Héritabilités des caractères

#### a) Héritabilités du poids à 90 jours et de la vitesse de croissance de 30 à 90 jours.

Les estimations obtenues pour l'héritabilité du poids à 90 jours et de la croissance entre 30 et 90 jours, respectivement 0,26 et 0,31 laissent espérer une certaine efficacité

TABLEAU I

Valeurs des paramètres génétiques aux différents âges :

Genetic Parameters at different ages

— dans la diagonale, coefficients d'héritabilité ( $h^2$ ) et écarts-types entre parenthèses ;

— au-dessus de la diagonale, corrélations génétiques ( $r_G$ ) et écarts-types entre parenthèses ;

— au-dessous de la diagonale, corrélations phénotypiques ( $r_p$ ).

Caractères	Poids										Gain moyen quotidien	
	Naissance	10 jours	30 jours	50 jours	70 jours	90 jours	10-30 jours	30-90 jours				
Naissance	0,24 (0,05)	0,75 (0,06)	0,69 (0,07)	0,60 (0,09)	0,49 (0,10)	0,42 (0,11)	0,34 (0,12)	0,14 (0,13)				
10 jours	0,70	0,17 (0,04)	0,54 (0,11)	0,45 (0,12)	0,47 (0,11)	0,45 (0,11)	0,05 (0,14)	0,27 (0,13)				
30 jours	0,59	0,74	0,20 (0,04)	0,92 (0,02)	0,74 (0,06)	0,66 (0,08)	0,85 (0,04)	0,30 (0,12)				
50 jours	0,50	0,58	0,91	0,23 (0,04)	0,92 (0,02)	0,86 (0,04)	0,87 (0,03)	0,58 (0,09)				
70 jours	0,45	0,54	0,82	0,93	0,25 (0,05)	0,97 (0,01)	0,67 (0,08)	0,83 (0,04)				
90 jours	0,40	0,48	0,75	0,86	0,94	0,26 (0,05)	0,61 (0,08)	0,91 (0,02)				
10-30	0,19	0,13	0,80	0,77	0,70	0,61	0,24 (0,05)	0,30 (0,12)				
30-90	0,15	0,16	0,30	0,57	0,75	0,88	0,40	0,31 (0,06)				

Poids

Gain  
moyen  
quotidien

de la simple sélection massale sur ces caractères. Ces résultats sont en accord avec les valeurs généralement obtenues pour le poids des agneaux aux environs du sevrage et dont BOWMAN (1967) a effectué une première analyse bibliographique. Des travaux plus récents (tabl. 2) ne conduisent pas à des observations contradictoires aux précédentes. Cet ensemble de résultats révèle cependant des écarts importants entre les valeurs extrêmes. On peut donc se demander dans quelle mesure un résultat obtenu dans des conditions données est généralisable et quelles sont les sources de variation principales. La valeur des paramètres peut d'abord varier avec la population concernée. Ainsi BOWMAN et BROADBENT (1966) estiment que la variabilité génétique est moindre parmi les populations de type *Down* qui ont bénéficié d'une sélection depuis plus longtemps que d'autres types raciaux. Certains travaux révèlent aussi une influence très nette des conditions d'élevage des agneaux. GJEDREM (1967), VOGT *et al.* (1967) observent des valeurs d'héritabilité plus faibles chez les agneaux nés doubles que chez les simples. BRADFORD (1972) observe également qu'un faible niveau d'alimentation réduit le gain génétique obtenu dans une expérience de sélection sur la vitesse de croissance. WASSMUTH *et al.* (1966) observent des héritabilités élevées pour la vitesse de croissance mesurée après un sevrage à 7 semaines :  $0,47 \pm 0,13$  pour la race *Schwarzkopf*,  $0,56 \pm 0,16$  pour la race *Merinos Landschaf*. Ces résultats montrent que l'héritabilité des caractères de croissance est d'autant plus faible que le caractère observé est lié à la production laitière de la mère. Les résultats allemands laissent supposer qu'une héritabilité élevée pourrait être observée chez des agneaux séparés de leurs mères douze heures après la naissance et élevés ensuite avec du lait artificiel. Mais aucune estimation reposant sur un nombre suffisant de données n'a pu encore confirmer cette hypothèse.

Ces observations concernant les facteurs de variations de l'héritabilité permettent de préciser dans quelles situations nos résultats sont applicables. Les races mâles sélectionnées en vue du croisement industriel sont élevées dans des conditions qui ne diffèrent de celles du troupeau du *Merle* que par un niveau d'alimentation plus élevé. Une héritabilité égale ou supérieure à 25 p. 100 peut donc être supposée pour ces populations. Le contrôle individuel des agneaux nés et élevés simples, qui peut être réalisé dans les troupeaux avec une forte pression de sélection, peut donc être un moyen très efficace de sélection. Cependant la prolificité étant de plus en plus considérée comme un caractère dont l'amélioration est prioritaire, la sélection sur les caractères de croissance des reproducteurs mâles doit être faite généralement parmi les agneaux nés doubles. Elle ne sera efficace que si les agneaux soumis au contrôle sont sevrés précocement, ou même seulement contrôlés après leur sevrage normal et un choix sur les performances de reproduction de leurs mères.

#### b) *Variation de l'héritabilité du poids entre la naissance et le sevrage.*

Nos résultats permettent d'analyser l'évolution de l'héritabilité depuis la naissance et révèlent une valeur minimum à l'âge de 10 jours, lorsque la dépendance de l'agneau vis-à-vis de la production laitière de la mère est maximum (BARNICOAT, 1956 ; OWEN, 1957 ; RICORDEAU et BOCCARD, 1961 ; POUJARDIEU, 1969 ; BOWMAN, 1967). Ce minimum est cependant ici peut différent de l'héritabilité du poids à 90 jours alors que HARRINGTON *et al.* (1962), DASS et ACHARYA (1970), qui décomposent la période de croissance avant le sevrage respectivement en deux et quatre périodes,

observent des variations d'héritabilité plus importantes selon la période considérée. GJEDREM (1967) au contraire observe chez des agneaux nés simples une valeur maximum pour l'héritabilité du poids à 14 jours. VOGT *et al.* (1967) observent que la variation d'héritabilité est plus importante chez les agneaux nés doubles que chez les simples. Dans l'espèce bovine, BROWN *et al.* (1972) estiment que la variation de l'héritabilité avec l'âge peut être réduite par une faible production laitière des mères qui avancerait le passage du veau à l'alimentation solide. Ces deux facteurs peuvent expliquer en partie la faible variation d'héritabilité que nous observons entre 10 et 90 jours (agneaux nés simples, faible niveau d'alimentation des mères).

TABLEAU 2

*Coefficients d'héritabilité de la croissance avant sevrage*  
(Résultats bibliographiques)  
*Heritability of preweaning growth rate* (literature)

Auteurs	Poids à la naissance	Poids au sevrage ou croissance avant sevrage		Nombre d'agneaux	Nombre de pères	
ACHARYA, MALIK (1971)	0,08 ± 0,08	Poids au sevrage	0,31 ± 0,12	523	33	
THRIFT, WHITEMAN, KRATZER (1973)	0,10 ± 0,07	Poids à 70 jours Vitesse de croissance jusqu'à 70 jours	0,10 ± 0,07 0,09 ± 0,06	1 071	39	
ERCANBRACK, PRICE (1972)	0,31 ± 0,10	Poids au sevrage (120-140 j)	0,34 ± 0,10	807	181	
	0,26 ± 0,13		0,45 ± 0,14	502	103	
	0,30 ± 0,10		0,16 ± 0,09	703	115	
	0,12 ± 0,11		0,15 ± 0,11	516	90	
CHOPRA, ACHARYA (1971)	0,10 ± 0,03	Poids au sevrage (116 j)	0,24 ± 0,05	3 468	101	
BOWMAN, HENDY (1972)		Vitesse de croissance jusqu'à 16 semaines	0	178	18	
BURFENING <i>et al.</i> (1971)	0,92 ± 0,23	Poids au sevrage	0,14 ± 0,12	384		
DASS, ACHARYA (1970)	0,45 ± 0,20	Vitesse de croissance	1 <sup>er</sup> mois	0,12 ± 0,28	545	14
			2 <sup>e</sup> mois	0,33 ± 0,16		
			3 <sup>e</sup> mois	1,11 ± 0,35		
			Poids au sevrage	0,68 ± 0,26		
BOTKIN <i>et al.</i> (1969)		Poids au sevrage (71 j)	0,10 ± 0,07	802	58	
		Gain moyen quotidien	0,24 ± 0,09			
VOGT <i>et al.</i> (1) (1967)	0,31 ± 0,20	Poids à 120 jours	0,57 ± 0,22	884	89	
	0,03 ± 0,16		0,12 ± 0,15			

(1) Respectivement agneaux simples et doubles.

## 2. — Corrélations entre caractères

Les corrélations génétiques et phénotypiques entre poids sont d'autant plus élevées que les âges considérés sont proches. On pourrait penser que le système de calcul des poids à âge type entraîne une surestimation de ces valeurs. En effet une erreur de pesée, qui conduit à une erreur de même signe pour les deux poids à âge type calculés avec cette pesée, peut être assimilée à un facteur du milieu commun à deux poids successifs d'un agneau. Mais n'étant pas commune à tous les agneaux

issus d'un même père, elle n'implique pas une surestimation des corrélations génétiques. Donc malgré la méthode de calcul des poids à âge type, les corrélations génétiques peuvent être analysées en fonction des valeurs calculées.

Des corrélations faibles ou fortes sont obtenues entre un poids et la vitesse de croissance mesurée entre ce poids et un poids respectivement antérieur ou postérieur à lui. Ceci n'est pas le résultat d'un quelconque biais car la valeur de ces corrélations peut être obtenue directement à partir de la corrélation et des variances des deux poids successifs concernés.

Des estimations de la corrélation génétique entre le poids à la naissance et des caractères de croissance avant sevrage ont déjà été publiées (tabl. 3). L'ensemble de ces résultats ainsi que notre estimation de 0,42 entre le poids à la naissance et le poids à 90 jours révèlent des possibilités de modification de la forme de la courbe de croissance, puisque notamment le poids à la naissance ne détermine que 18 p. 100 de la variabilité génétique du poids à 90 jours. Cette modification pourra être étudiée ultérieurement selon deux préoccupations :

— sur quel critère doit-on choisir les futurs reproducteurs pour réaliser une sélection consciente sur une forme de courbe croissance souhaitée?

— quelles sont les conséquences d'une sélection portant sur un poids considéré comme économiquement intéressant (poids à 90 jours par exemple)?

TABLEAU 3

*Estimation de la corrélation génétique  
entre le poids à la naissance et le développement ultérieur jusqu'au sevrage  
(Résultats bibliographiques)*

*Estimation of genetic correlation between birth weight and preweaning growth (literature)*

Auteurs	Corrélation génétique	Caractère de développement relié au poids à la naissance	Nombre d'agneaux	Nombre de pères
ACHARYA, MALIK (1971)	0,53 ± 0,25	Poids au sevrage	523	33
THRIFT, WHITEMAN, KRATZER (1973)	0,59 ± 0,38 0,40 ± 0,49	Poids à 70 jours Vitesse de croissance jusqu'à 70 jours	1 071	39
ERCANBRACK, PRICE (1972)	0,53 0,73 0,05 1,07	Poids au sevrage (120-140 j)	807 502 703 516	181 103 115 90
CHOPRA, ACHARYA (1971)	0,12 ± 0,17	Poids au sevrage (116 j)	3 468	101
MACNAUGHTON (1957)	0,24 0,54	Poids au sevrage	5 000	
BURFENING (1971)	0,98 ± 0,29	Poids au sevrage (4 mois et demi)	384	
VOSLOO (1969)	0,358 ± 0,299	Gain moyen quotidien jusqu'au sevrage	2 135	
VOGT (1967)	0,73 ± 0,26	Poids à 120 jours	884	89
BICHARD, YALCIN (1964)	0,086	Poids à 15 semaines	922	
GJEDREM (1967)	0,42	Poids au sevrage	2 298	97

En France la vitesse de croissance de 30 à 90 jours a longtemps été utilisée comme critère de sélection à la place du poids à 90 jours. Ceci conduit, à gain génétique égal sur le poids à 90 jours, à une réduction de la réponse sur le poids à la naissance de l'ordre de 60 p. 100 compte tenu des valeurs obtenues pour les paramètres génétiques. Cette sélection sur la vitesse de croissance serait donc préférable à une sélection sur le poids à 90 jours si l'on craint les répercussions sur la viabilité des agneaux à la naissance (BRADFORD, 1974).

Il n'est pas toujours possible par ailleurs de connaître le poids à 90 jours pour l'ensemble des animaux comme, par exemple, dans le cas de la sélection sur descendance en ferme ou d'un premier choix des animaux à introduire en contrôle individuel. Nos estimations obtenues pour les héritabilités et les corrélations génétiques avec le poids à 90 jours des poids à 70 et 50 jours justifient l'utilisation d'un critère de sélection précoce faisant intervenir le poids à 70 jours qui a été adopté dans les schémas ovins français. La réduction du gain génétique sur le poids à 90 jours ne serait respectivement que de 5 et 19 p. 100 si on utilisait en sélection massale les poids à 70 ou 50 jours (tabl. 4). Mais ceci pourrait ne pas être vrai dans une situation où, comme nous l'avons déjà vu, les conditions de milieu impliqueraient un écart de l'héritabilité entre 50 et 90 jours.

TABLEAU 4

*Réduction du gain génétique obtenu sur le poids à 90 jours  
lors d'une sélection indirecte sur un critère plus précoce*  
*Reduction of genetic change on 90 day-weight with an indirect selection  
on an earlier trait*

Critère de sélection	Réduction du gain génétique sur le poids à 90 jours (exprimé en p. 100 du progrès réalisé lors de la sélection directe sur le poids à 90 jours)
Poids à la naissance .....	60
Poids à 10 jours .....	64
Poids à 30 jours .....	42
Poids à 50 jours .....	19
Poids à 70 jours .....	5
Poids à 90 jours .....	0

## CONCLUSION

L'analyse statistique, réalisée sur les performances de croissance de ce troupeau de race *Mérinos d'Arles* durant six années consécutives montre donc que l'héritabilité de la vitesse de croissance avant le sevrage n'est pas négligeable. Le contrôle individuel de la vitesse de croissance, même avec un allaitement maternel, d'agneaux nés simples peut donc constituer une première étape très efficace d'un programme d'amélioration génétique des races ou lignées de mâles de croisement terminal. La vitesse de croissance

de 30 à 90 jours, le poids à 90 jours ou même à 70 ou 50 jours dans certaines conditions de milieu peuvent constituer des critères de sélection efficaces.

*Reçu pour publication en septembre 1976.*

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier J. L. FOULLEY et J. G. BOYAZOGLU pour leurs commentaires et suggestions à la lecture du manuscrit.

## SUMMARY

### ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS OF GROWTH RATE AND WEIGHT OF LAMBS BEFORE WEANING IN MERINOS D'ARLES

Heritability values of birth weight and weights at different ages before 90 days are estimated by the half sib analysis, on 4 354 *Mérinos d'Arles* lambs sired by 83 rams. The lowest value is observed at 10 days (0,17). After this age the estimated heritabilities are similar with that of the birth weight (0,24). The upper value is obtained for the growth rate between 30 and 90 days, when the effect of dam's milk production on lamb development is the lowest.

The estimation of genetic correlation shows that the birth weight determines only 18 p. 100 of the genetic variability of 90 days-weight and therefore that a selection on only one weight can modify the shape of the growth curve is possible.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHARYA R. M., MALIK R. C., 1971. Genetic and phenotypic parameters for pre and post-weaning body weights in *Nali* and *Lohi* and their crosses with *Nellore* and *Mandya*. *Ind. J. Anim. Sci.*, **41**, 1126-1129.
- BARNICOAT C. R., MURRAY P. F., ROBERTS E. M., WILSON G. S., 1956. Milk secretion studies with *New Zealand Romney* ewes. Part V-XI. *J. Agric. Sci.*, **48**, 9-35.
- RICHARD M., YALCIN B. C., 1964. Crossbreed sheep production. III. Selection for growth rate and carcass attributes in the second-cross lamb. *Anim. Prod.*, **6**, 179-187.
- BOTKIN M. P., FIELD R. A., RILEY M. L., NOLAN J. C., ROHRKASSE J. R. et G. P., 1969. Heritability of carcass traits in lambs. *J. Anim. Sci.*, **29**, 251-255.
- BOWMAN J. C., 1967. *Genetic variation of body weight in sheep*, in LODGE G. A., LAMMING G. E. *Growth and development of mammals*, 291-308, Butterworths, London.
- BOWMAN J. C., BROADBENT J. S., 1966. Genetics parameters of growth between birth and sixteen weeks in *Down* cross sheep. *Anim. Prod.*, **8**, 129-135.
- BRADFORD G. E., 1972. The role of maternal effects in animal breeding. VII. Maternal effects in sheep. *J. Anim. Sci.*, **35**, 1324-1334.
- BRADFORD G. E., 1974. *Breeding plans for improvement of meat production and carcass merit in the meat breeds of sheep*. 1<sup>er</sup> Congrès Mondial de Génétique appliquée à l'Élevage, Madrid, 1974, **1**, 725-738.
- BROWN J. E., BROWN C. S., BUTTS W. T., 1972. A discussion of the genetic aspects of weight and rate of maturing in *Hereford* and *Angus* cattle. *J. Anim. Sci.*, **34**, 525-537.
- BURFENING P. S., VAN HORN J. L., BLACKWELL R. L., 1971. Genetic and phenotypic parameters including occurrence of oestrus in *Rambouillet* ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, **33**, 919-922.
- CHOPRA J. C., ACHARYA R. M., 1971. Genetic and phenotypic parameters of body weights in *Bikaneri* sheep (*Magra Strain*). *Anim. Prod.*, **13**, 343-347.
- DASS G. S., ACHARYA R. M., 1970. Growth of *Bikaneri* sheep. *J. Anim. Sci.*, **31**, 1-4.
- ERCANBRACK S. K., PRICE D. A., 1972. Selecting for weight and rate of gain in non inbred lambs. *J. Anim. Sci.*, **34**, 713-725.
- GJEDREM T., 1967. Phenotypic and genetic parameters for weight of lambs at five ages. *Act. Agric. Scand.*, **17**, 199-216.

- HARRINGTON R. B., BROTHERS D. G., WHITEMAN J. V., 1962. Heritability of gain of lambs measured at different times and by different methods. *J. Anim. Sci.*, **21**, 78-81.
- MACNAUGHTON W. N., 1957. Repetability and heritability of birth, weaning, and shearling weights among range sheep in Canada. *Iowa St. Coll. J. Sci.*, **31**, 465-467 (in *Anim. Breed. Abstr.*, **25**, 398).
- OWEN J. B., 1957. A study of the lactation and growth of hill sheep in their native environment and under lowland conditions. *J. Agric. Sci.* **48**, 387-412.
- POUJARDIEU B., 1969. Recherche d'une méthode d'estimation de la production laitière des femelles ovines et bovines pendant la phase d'allaitement. *Ann. Zootech.*, **18**, 299-315.
- PRUD'HON M., DENOY I., DAUZIER L., DESVIGNES A., 1966. Étude des résultats de six années d'élevage des brebis *Mérinos d'Arles* du Domaine du Merle. I. Le contrôle des ruts et sa validité. *Ann. Zootech.*, **15**, 123-133.
- RICORDEAU G., BOCCARD R., 1961. Relation entre la quantité de lait consommée par les agneaux et leur croissance. *Ann. Zootech.*, **10**, 113-125.
- ROBERTSON A., 1959 a. Experimental design in the evaluation of genetic parameters. *Biometrics*, **15**, 219-226.
- ROBERTSON A., 1959 b. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, **15**, 469-485.
- THRIFT F. A., WHITEMAN J. V., KRATZER D. D., 1973. Genetic analysis of preweaning and post-weaning lamb growth traits. *J. Anim. Sci.*, **36**, 640-643.
- VOGT D. W., CARTER R. C., McCLURE W. H., 1967. Genetic and phenotypic parameter estimates involving economically important traits in sheep. *J. Anim. Sci.*, **26**, 1232-1238.
- VOSLOO L. P., 1967. *Factors affecting the production and reproduction of the Elsenburg German Merino Stud*. Thesis, University of Stellenbosch (in *Agricultural Research*, Pretoria, 1968, 280-282).
- WASSMUTH R., WILKE E., BORMANN P., FALK K. G., 1966. Untersuchungen über die Vergleichbarkeit von Bocknachzuchtgruppen in der Mastleistungsprüfung. *Zuchtungskunde*, **38**, 180-185.
-